

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках соглашения №14.577.21.0204 от 27.10.15, уникальный идентификатор проекта RFMEFI57715X0204.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Briere M. GaN-based Power Device Platform. The arrival of a new paradigm in conversion technology. – URL: <http://www.powersystemdesign.com>.
2. GaN-on-Silicon wafers: the enabler of GaN power electronics. – Power Devices. 2012. N. 4. PP. 6-9.
3. J. Würfl, O. Hilt, E. Bahat-Treidel, R. Zhytnytska, K. Klein, P. Kotara, F. Brunner, A. Knauer, O. Krüger, M. Weyers, G. Tränkle. Technological approaches towards high voltage, fast switching GaN power transistors // ECS Trans. 2013. V. 52. N. 1. PP. 979-989.
4. Y. Uemoto, M. Hikita, H. Ueno, H. Matsuo, H. Ishida, M. Yanagihara, T. Ueda, T. Tanaka and D. Ueda. Gate injection transistor (GIT) – A normally-off AlGaIn/GaN power transistor using conductivity modulation // IEEE Trans. On Electron devices. 2007. V. 54. N. 12. PP. 3393-3395
5. Finella Lee, Lian-Yu Su, Chih-Hao Wang, Yuh-Renn Wu. Impact of gate metal on the performance of p-GaN/AlGaIn/GaN high electron mobility transistors // IEEE Electron Device Letters. 2015. V. 36. N. 3. PP. 232-234.

Научный руководитель: Е.В. Ерофеев, к.т.н, младший научный сотрудник, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники.

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

С.Н. Федорович

Томский политехнический университет
ЭНИН ЭПП, группа 5АМ6Е

Ключевые слова: режимы работы электрической сети, расчет режимов, потери мощности, снижение потерь мощности, распределительная сеть.

Реферат

Объектом исследования является участок городской распределительной сети 10/0,4 кВ города Томск. Целью исследования является поиск и разработка технических решений для оптимизации режимов работы городской питающей электрической сети с помощью использования современных прикладных средств расчета. Область применения: городские и сельские распределительные сети 10/0,4 кВ. Экономический эффект: результаты исследования помогут снизить реальный уровень потерь мощности и энергии. В ходе исследования были рассчитаны различные режимы работы электрических сетей в программном комплексе.

Введение

Россия является одной из наиболее энергоемких экономик в мире. Это связано с климатическими условиями, а также с расположением промышленности и населения на своей обширной территории. Согласно проведенным исследованиям, существует значительный потенциал для энергосбережения в России, и это сократит потребление электроэнергии наполовину [1]. Существует проблема неэффективного использования энергетического оборудования в распределительных сетях в результате несбалансированной фазовой нагрузки и т.д.

Таким образом, основной задачей данного исследования является поиск и расчет оптимальных режимов работы электрической сети, а также разработка мероприятий для снижения потерь мощности.

Существуют различные методы снижения потерь мощности, которые можно разделить на три основные группы: организационные, технические и методы совершенствования систем учета электроэнергии [2]. Организационные мероприятия включают в себя:

1. поиск мест размыкания сети с двухсторонним питанием;
2. снижение несимметрии;
3. оптимизация загрузки оборудования (кабельных линий и трансформаторов).

Технические мероприятия, как правило, подразумевают установку специального оборудования. Например, для снижения потерь мощности может быть установлена конденсаторная батарея. Также для снижения влияния высших гармоник может быть использовано фильтрокомпенсирующее устройство [3]. Установка данного оборудования требует значительных инвестиций, а срок окупаемости, зачастую, не оправдывает вложения, поэтому в данной работе применялись, в основном, организационные мероприятия. Так, в работе И.И. Елфимов [4] рассмотрел возможность установки конденсаторных батарей и замены трансформаторов на зигзагообразные трансформаторы. В результате было сообщено об уменьшении текущей асимметрии и потерь мощности, но этот результат невелик.

Особенностью рассматриваемого участка распределительной сети является низкий уровень загрузки оборудования, в частности трансформаторов. Из результатов расчета режима максимальных нагрузок следует, что большая часть трансформаторов имеет значение коэффициента загрузки менее 45% (таблица 1).

Табл. 1.

Загрузка трансформаторов на подстанциях в режиме максимальных нагрузок

ТП	481	459	457	351	585	587	768	784	786	788	395	145	343	347	327
T1, %	28	36	44,5	6,4	28,7	28,9	44,3	13,5	13,8	18,8	23,1	37,9	31,0	10,8	28,5
T2, %	28	11,6	5,1	-	-	-	7,7	18,6	8,3	12,4	19,4	37,9	20,8	24,1	14,7

Отключение части оборудования

Так как основная особенность рассматриваемого участка – низкая загрузка оборудования, следует рассмотреть возможность отключения части оборуду-

дования и оценить эффект от этих мероприятий [5]. Так как кабельные линии имеют только нагрузочные потери, следует рассмотреть отключение трансформаторов с целью снижения потерь холостого хода.

В трансформаторе есть нагрузочные потери (зависящие от напряжения) и потери холостого хода (постоянные потери, независимые от напряжения). Потери холостого хода зависят от номинальной мощности трансформатора – чем больше номинальная мощность, тем больше потери холостого хода (XX). Потери мощности для трансформатора могут быть рассчитаны по следующей формуле:

$$\Delta P_{TP} = \Delta P_{XX} + \Delta P_{нагр} \cdot \frac{S^2}{S_{ном}^2} \quad (1)$$

В основном на подстанциях установлено два параллельно или отдельно работающих трансформатора, так как они недогружены, отключение одного из двух работающих трансформаторов приведет к снижению потерь. Для двух параллельно работающих трансформаторов суммарные потери мощности могут быть рассчитаны по следующей формуле:

$$\Delta P_{TP} = \Delta P_{XX} \cdot n + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{нагр} \cdot \frac{S^2}{S_{ном}^2} \quad (2)$$

Для определения величины мощности нагрузки, при которой работа одного трансформатора экономически более осуществима, чем параллельная работа двух трансформаторов, мы можем использовать следующую формулу:

$$S_{опт} \geq S_{ном} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P_{нагр}}{\Delta P_{XX}}} \quad (3)$$

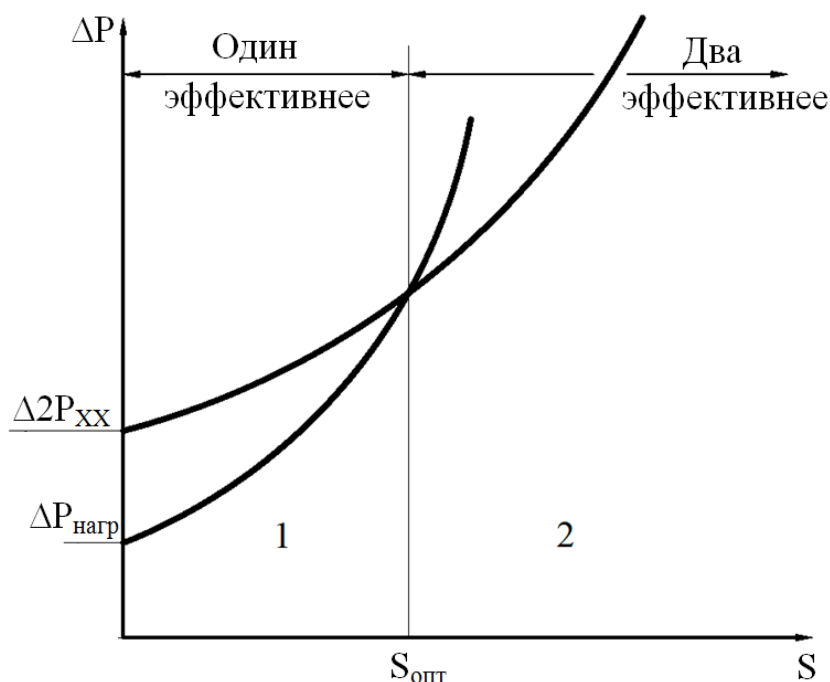


Рис. 1. Динамика изменения потерь при различных режимах работы трансформаторов

Исходя из результатов ручного расчета, использование одного трансформатора является наиболее эффективным по сравнению с параллельной работой (рисунок 1, область 1). Однако расчет с помощью прикладных программных средств показал обратное – уровень потерь не изменился, однако напряжение в некоторых узлах значительно снизилось (увеличение нагрузочных потерь в кабельных линиях скомпенсировало снижение потерь в трансформаторах). Таким образом, отключение трансформаторов оказалось неэффективным методом для данного участка сети.

Проанализировав результаты, был сделан вывод о том, что трансформаторы работают практически на холостом ходу. Так как максимальный КПД трансформатора наблюдается при равенстве нагрузочных потерь и потерь ХХ (рисунок 2), а в результатах расчета нагрузочные потери меньше, чем потери холостого хода, для определения оптимальной загрузки трансформаторов было произведено увеличение мощности нагрузки.

На данном этапе выяснилось, что система имеет значительный потенциал роста нагрузки. Трансформаторы на подстанциях устанавливались с перспективой роста нагрузки промышленности, но промышленность переехала в пригород или на окраины города с целью экономии на аренде. Таким образом, рост нагрузки приведет к снижению удельного уровня потерь, однако рост нагрузки коммунально-бытовой зоны не высок и на достижение определенных уровней нагрузки уйдет не одно десятилетие. Для снижения потерь функционирующего участка распределительной сети, в настоящее время рассматриваются вопросы размыкания сети с двухсторонним питанием, а также снижение уровня фазной несимметрии.

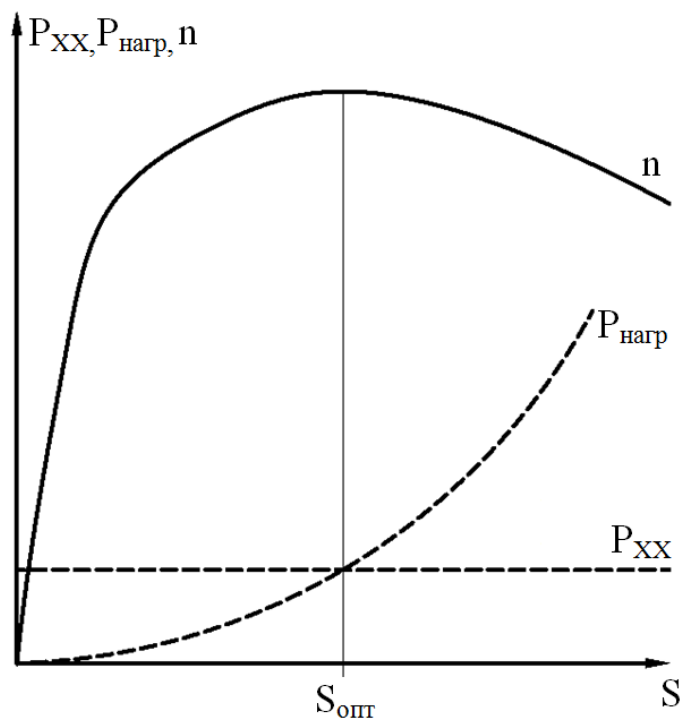


Рис. 2. Изменение КПД в зависимости от загрузки трансформаторов

ЛИТЕРАТУРА:

1. М.И. Фурсанов, Оптимальные уровни потерь в распределительных электрических сетях. Журнал «Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ», 2014, 15-26.
2. Г.Н. Климова, Энергосбережение на промышленных предприятиях: учебное пособие – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 180 с.
3. Д.Е. Дулепов, Т.Е. Тюдина, Расчет несимметрии напряжений СЭС. Журнал «Вестник НГИЭИ», 2015, 35-36.
4. И.И. Елфимов, Е. А. Шутов, Оптимизация режимов работы электрических сетей, ТПУ 2016.
5. А.Л. Трушников, В. Н. Радкевич, Выбор рациональных режимов работы силовых трансформаторов по условию минимума потерь активной мощности. Журнал «Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О.Сухого», 2006.

Научный руководитель: Е.А. Шутов, к.т.н., доцент каф. ЭПП ЭНИН ТПУ.

USING CLUSTERING METHODS FOR VOLTAGE STEADY-STATE LOAD CHARACTERISTICS IDENTIFICATION

M.A. Kondrashov¹, A.Y. Smirnova²

National Research Tomsk Polytechnic University^{1,2}

Institute of Power Engineering, Department of Power Grids and Electrical Engineering, group 5AM6D¹

Institute of Natural Resources, Department of Hydrogeology, Engineering Geology and Land Management, group 2UM71²

At present, the electric power industry has shifted to the new information standards IEC 61970 and 61968, collectively called the "Common Information Model" (CIM). These standards define a semantic model that describes the elements of the energy system in the form of objects of specified classes, their properties and connections.

In this regard, the problem of the correct description of one of the most important elements of the power system - the electric load - was most acute for the power engineers. The most reliable way of describing the load is the static load characteristics.

The voltage steady-state load characteristics are the dependences of the active and reactive load power on the applied voltage in the steady state, at a constant (as a rule, nominal) frequency. For the majority of large nodes of the power system, the voltage steady-state load characteristics are approximately described by a polynomial of the second degree: